动 物 学 研 究 2003, Feb. 24 (1): 61~66 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

简 报

昆嵛林蛙胚后发育的初步观察

孙铭娟[1,2]，陆宇燕[1]，李丕鹏[1]，阿布力米提·阿布都卡迪尔[2]，高行宜[2]
（1. 烟台师范学院 生物科学与技术系，山东 烟台 264025；2. 中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011）

摘要：昆嵛林蛙（*Rana kunyuensis*, Lu et Li 2002）是新近在山东文登昆嵛山发现的蛙科（Ranidae）蛙属（*Rana*）林蛙群（Wood-frogs）的一新种。我们在 23.7~26.0 ℃的条件下，观察了其胚后发育全过程中的形态变化。该蛙胚后发育可划分为 19 期，历时约 49 d。唇齿式多为Ⅰ:1-1/Ⅲ、少数Ⅰ:1-1/Ⅱ:1-1，为昆嵛林蛙这一新种的确立提供了形态学依据。

关键词：昆嵛林蛙；胚后发育；形态结构
中图分类号：Q959.5；Q954.48 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2003)01-0061-06

Preliminary Observations on Postembryonic Development of *Rana kunyuensis*

SUN Ming-juan[1,2], LU Yu-yan[1], LI Pi-peng[1], ABLIMIT Abdukadir[2], GAO Xing-yi[2]
(1. *Department of Biological Science and Technology, Yantai Normal College, Yantai* 264025, *China*;
2. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, the Chinese Academy of Sciences, Urumqi* 830011, *China*)

Abstract: *Rana kunyuensis*, Lu et Li 2002 was newly founded in Mt. Kunyu, Shandong Province. Its postembryonic development was observed with microscopes in laboratory at 23.7-26.0 ℃. It took about 49 days to develop from operculum completion to metamorphosis completion, experiencing 19 stages. The labial teeth formula of tadpoles was mainly Ⅰ:1-1/Ⅲ, and occasionally Ⅰ:1-1/Ⅱ:1-1, which were different from *R. chensinensis*, *R. japonica*, *R. chaochiaoensis and R. huanrenensis*, but similar to *R. amurensis*. The latter further confirmed that Lu and Li's finding.

Key words: *Rana kunyuensis*; Postembryonic development; Morphological structure

两栖类胚胎发育是动物胚胎学和发育生物学研究的重要内容。胚后发育是胚胎发育的重要组成部分。墨西哥蟾(*Bufo valliceps*)整个胚胎发育过程可划分为 46 期，历时 667 h(Duellman & Trueb, 1986)；花背蟾蜍(*B. raddei*)的胚胎发育过程历经 39 期，其中早期胚胎发育历时 253.5 h，胚后发育历时 71.23 d(Zhao, 1991)；中华大蟾蜍(*B. gargarizans*)的胚胎发育划分为 39 期，胚胎发育早期历时 177.84 h，胚后发育历时 37.93 d(Wang et al, 1984)。

昆嵛林蛙（*Rana kunyuensis*, Lu et Li 2002）是新近在山东昆嵛山发现的蛙科（Ranidae）蛙属（*Rana*）林蛙群（Wood-frogs）的一个新种（Lu & Zhang, 2000; Lu & Li, 2002）。这个种的发现对研究我国蛙属林蛙群的地理分布和系统演化等具有重要的意义（Zhou, 1999）。为了进一步研究其生物学特征，我们将采集的昆嵛林蛙卵置室内孵化，蝌蚪置室内饲养，观察其胚后发育的形态变化，绘制各期典型特征图，并描述了蝌蚪的口型和唇齿式，以期为两栖类胚后发育阶段的划分补充基础资料。

1 材料和方法

1.1 蝌蚪饲养

观察用昆嵛林蛙蝌蚪于 2000 年 4 月 8 日采自山东省昆嵛山的山涧溪流中。根据发育阶段的不

收稿日期：2002-08-02；接受日期：2002-09-20

同，分别饲养于玻璃水族箱中，水族箱置可调式生化培养箱内，温度控制在23.7～26.0 ℃。设置室温17.0～20.0 ℃对照组。饲养用水取自烟台师范学院校园的人工湖并在培养箱中预热，1～2 d彻底换水1次。饲喂熟鸡蛋、青菜叶和自然水体中的浮游生物，变态后饲喂果蝇。

1.2 观察方法

从4月11日至5月29日，每2～3 h观察蝌蚪1次，连续观察，若发现有过渡阶段个体，则相应缩短观察的时间间隔，以保证计数及计算发育时限的准确性。参考Wang et al（1984）、Zhao（1991）和Duellman & Trueb（1986）的划分标准，结合昆嵛林蛙的生长发育，主要依据后肢芽发育的形态变化，还兼顾口器与鼻孔、眼的相对位置，肛管萎缩程度，以及鼓膜和前肢的变化等，进行各发育阶段分期的划分。发育期的定量划分以60%的蝌蚪呈现某一时期的主要特征界定，此时前一发育期结束，后一期开始。

选择每个发育期的5只标准个体，分批用4%的甲醛液固定，置双筒解剖镜下观察，记述胚后发育各期的形态特征并绘制典型特征图。

2 结 果

2.1 胚后发育过程

根据Pollister（1937）和Shumway（1940）拟定的无尾两栖类蛙属的胚胎发育分期标准，早期胚胎发育分为25期，故胚后发育从26期开始。依据后肢芽及肛管和尾的萎缩过程和口的变化过程，将胚后发育划分为19个时期，历时49 d（表1）。

2.2 胚后发育各期特征

表1 昆嵛林蛙胚后发育时程表*

Table 1 Timetable of postembryonic development in *Rana kunyuensis* *

胚后发育分期 Stages of postembryonic development	开始日龄 Beginning ages	阶段内天数 Days of each stage (d)	观察次数 Times of observation
26. 半圆形肢芽期 Stage of semicircular limb bud	A	1.98	2
27. 圆盾形肢芽期 Stage of round shield limb bud	A + 1.98	3.61	4
28. 圆锤形肢芽期 Stage of hammer limb bud	A + 5.59	2.74	3
29. 侧指状肢芽期 Stage of lateral finger limb bud	A + 8.33	2.01	3
30. 膝关节肢芽期 Stage of knee joint limb bud	A + 10.34	1.39	2
31. 匙状肢芽期 Stage of spoon limb bud	A + 11.73	2.93	3
32. 第四趾出现期 Stage of toe 4 formation	A + 14.66	3.44	4
33. 第五趾出现期 Stage of toe 5 formation	A + 18.10	2.55	3
34. 第三趾出现期 Stage of toe 3 formation	A + 20.65	2.61	3
35. 第一、二趾出现期 Stage of toe 1 & 2 formation	A + 23.26	2.73	3
36. 第三趾分离期 Stage of toe 3 separation	A + 25.99	2.71	3
37. 内蹠突出现期 Stage of internal metatarsal tubercle appearance	A + 28.70	2.53	3
38. 跗蹠部伸长期 Stage of tarsometatarsus elongation	A + 31.23	3.40	4
39. 趾端弯曲期 Stage of toe tip curved	A + 34.63	2.99	4
40. 肛管消失期 Stage of anal tube degeneration	A + 37.62	2.41	3
41. 前肢伸出期（尾退化前期）Stage of fore-limb exsertion (early stage of tail degeneration)	A + 40.03	2.89	3
42. 肩关节露出期（尾退化中期）Stage of shoulder-joint appearance (mid stage of tail degeneration)	A + 42.92	1.91	2
43. 肩基部愈合期（尾退化后期）Stage of basilar shoulder recovery (later stage of tail degeneration)	A + 44.83	4.17	5
44. 变态完成期 Stage of metamorphosis complement	A + 49.00		

* A，为胚后发育开始，即从鳃盖闭合及后肢芽长出日龄；30期前水温为（26.0 ± 0.5）℃，30期及以后（23.7 ± 0.5）℃。

* A, Days of tadpoles entering postembryonic development — from operculum completion and hind limb bud formation. Water temperature: 26.0 ± 0.5 ℃ for stages before 30, and 23.7 ± 0.5 ℃ for stages after 30.

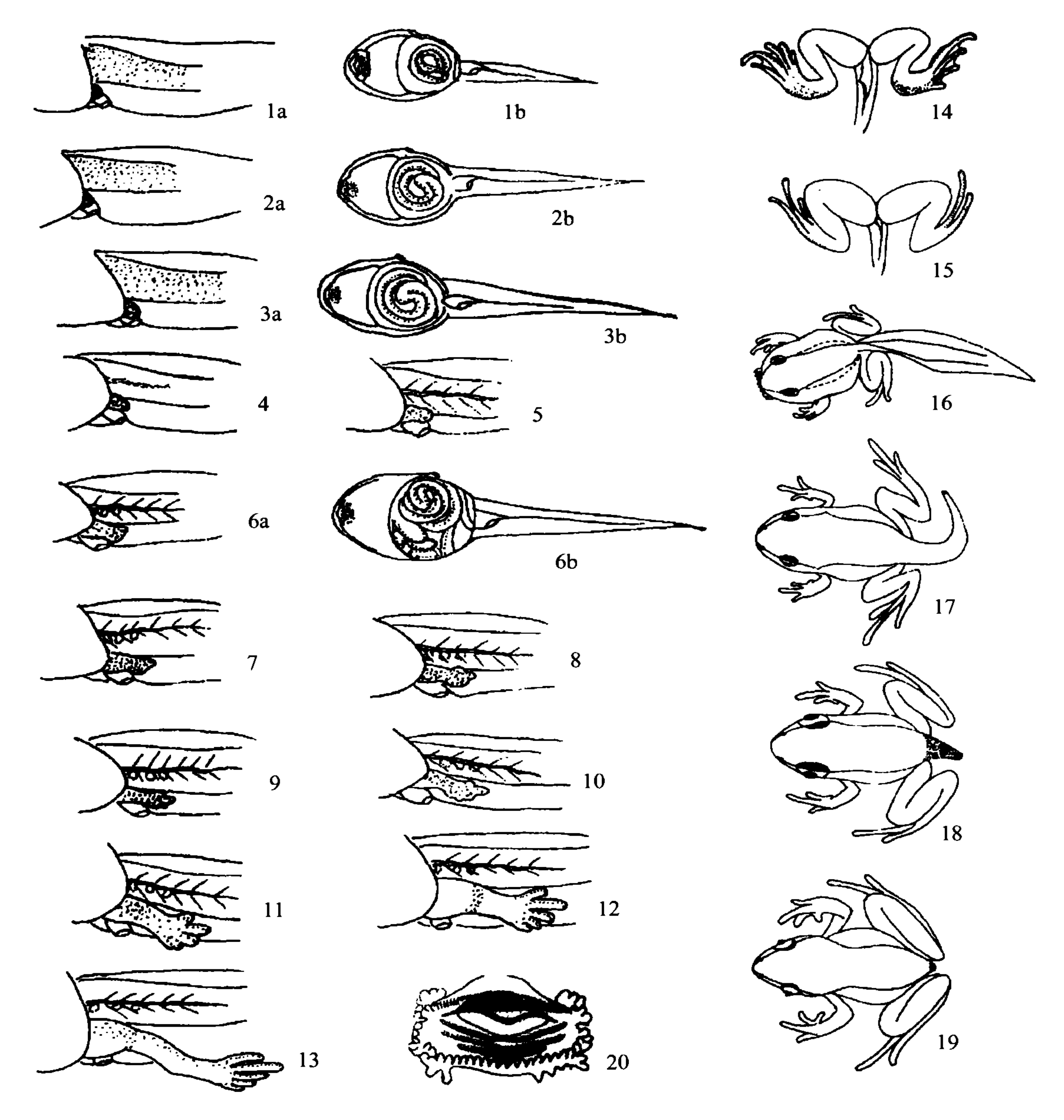


图 1～20　昆嵛林蛙胚后发育各期典型特征图及蝌蚪口部

Figs.1－20　Typical character illustrations on postembryonic development stages and oral area of tadpole in *Rana kunyuensis*

1a．半圆形肢芽期，侧面观（Stage of semicircular limb bud，lateral）；1b．腹面观（Ventral）．2a．圆盾形肢芽期，侧面观（Stage of round shield limb bud，lateral）；2b．腹面观（Ventral）．3a．圆锤形肢芽期，侧面观（Stage of hammer limb bud，lateral）；3b．腹面观（Ventral）．4．侧指状肢芽期，侧面观（Stage of lateral finger limb bud，lateral）．5．膝关节肢芽期，侧面观（Stage of knee joint limb bud，lateral）．6a．匙状肢芽期，侧面观（Stage of spoon limb bud，lateral）；6b．腹面观（Ventral）．7．第四趾出现期，侧面观（Stage of toe 4 formation，lateral）．8．第五趾出现期，侧面观（Stage of toe 5 formation，lateral）．9．第三趾出现期，侧面观（Stage of toe 3 formation，lateral）；10．第一、二趾出现期，侧面观（Stage of toes 1 & 2 formation，lateral）．11．第三趾分离期，侧面观（Stage of toe 3 separation，lateral）．12．内蹠突出现期，侧面观（Stage of internal metatarsal tubercle appearance，lateral）．13．跗蹠部伸长期，侧面观（Stage of tarsometatarsus elongation，lateral）．14．趾端弯曲期，腹面观（Stage of toe tip curved，ventral）．15．肛管消失期，腹面观（Stage of anal tube degeneration，ventral）．16．前肢伸出期（尾退化前期），背面观［Stage of forelimb exsertion (early stage of tail degeneration)，dorsal］．17．肩关节露出期（尾退化中期），背面观［Stage of shoulder-joint appearance (mid stage of tail degeneration)，dorsal］．18．肩基部愈合期（尾退化后期），背面观［Stage of basilar shoulder recovery (later stage of tail degeneration)，dorsal］．19．变态完成期，背面观（Stage of metamorphosis complement，dorsal）．20．蝌蚪口部（oral area of tadpole）。

2.2.1 半圆形肢芽期（图1a，b） 自后肢芽隆起呈半圆形起至后肢芽开始呈圆盾形止。侧面观，后肢芽已隆起呈界限清楚的半圆形游离缘，长度（L）接近基部宽度（D）的一半（$L \leqslant 1/2D$）；出水孔变成了出水管，位于头部左侧的中部；典型齿式完成，唇齿式多为Ⅰ:1－1/Ⅲ，少数为Ⅰ:1－1/Ⅱ:1－1。背面观，眼位于头的背面，外鼻孔介于吻端与眼的中间；脑位于两眼间，自眼后膨大向前延伸至鼻孔后端，呈倒梨形。腹面观，口位于前端，腹面开口；口外周除上唇缘外都围有无色透明的乳突，两口角处排列较为密集；肠袢清晰可见，盘绕成1圈；肛孔开口于尾右侧。

2.2.2 圆盾形肢芽期(图2a,b) 自后肢芽隆起呈圆盾形起至后肢芽开始呈圆锤状止。侧面观,后肢芽呈圆盾状,长度大于基部宽度的一半($L > 1/2D$)；鼻孔已与外界相通;鳃管中有水流流出。腹面观,头腹间有一透明带,肉眼即可清晰看见心脏有规律的搏动。肠盘曲成$1\frac{1}{4}$圈,肠袢可见。

2.2.3 圆锤形肢芽期（图3a，b） 自后肢芽隆起呈圆锤状起至后肢芽伸长呈侧指状止。侧面观，后肢芽呈圆锤状，其游离端变宽，长度约等于或略大于基部宽度（$L \geqslant D$）；尾部中央血管开始出现，其下方的淋巴心亦相伴出现；脑的轮廓更加明显；肠盘绕成$1\frac{1}{2}$圈，肠袢可见。

2.2.4 侧指状肢芽期（图4） 自后肢芽呈侧指状起至后肢芽的长度大于或等于基部宽度的1.5倍（$L \geqslant 1.5D$）止。后肢芽仅中部略微弯曲出现类似膝关节的结构。侧面观，后肢芽呈侧指状，游离端边缘可见红色血管出现，据此可见后肢芽末端的大致轮廓；尾部中央血管逐渐清晰。

2.2.5 膝关节肢芽期（图5） 自膝关节出现起至后肢芽开始变成匙状止。后肢芽略微伸长，长度约为基部宽度2倍（$L = 2D$）；膝关节部位出现细微弯曲。

2.2.6 匙状肢芽期（图6a，b） 自后肢芽呈匙状起至第四趾开始出现止。后肢芽向后延伸，基部变得较粗壮；其游离端扁平略带楔状，边缘血管明显，可依此看出分趾情况。尾部中央血管清晰，长度约为尾长1/3；以中央血管为中心，向两侧分出许多分支细血管。淋巴心数目增加，可清楚观察到淋巴心有规律地、几乎同步地跳动，间或搏动不足而观察不到跳动。肠管开始移至腹面左侧。

2.2.7 第四趾出现期（图7） 自第四趾出现起至第五趾开始出现止。蹠板端部继续伸长，在蹠板边缘的第三、四趾的交界处，发生微微凹陷，膝关节更加明显。

2.2.8 第五趾出现期（图8） 自第五趾出现起至第三趾开始出现止。在蹠板边缘的第四、五趾交界处，发生轻微凹陷，第五趾隆起。

2.2.9 第三趾出现期（图9） 自第三趾出现起至第一、二趾开始出现止。在蹠板的边缘，第二、三趾的交界处发生细微凹陷，其间有红色血管将之分离。眼球开始活动，侧面观，可沿眼横径上下转动，眼眶上缘皮肤逐渐隆起，眼由背位开始移向侧位。在眼后缘的下方，两侧内腮鲜红，可从体表观察到呼吸时的伸缩运动。后肢芽基部变粗，胫腓部逐渐伸长。

2.2.10 第一、二趾出现期（图10） 自第一、二趾出现起至第三趾分离止。在蹠板边缘，第一、二趾交界处发生细微凹陷，第四趾最长，第四、五趾分离。胫部、腓部和跗部能被区分。

2.2.11 第三趾分离期（图11） 自第三趾分离起至第一、二趾开始分离止。第三趾与第一、二趾分离，第三、四、五趾都明显伸长，仅剩第一、二趾仍联合在一起。腹面观，腹部开始向两侧分开。活体背面观，从尾基部的两侧刚能观察到外展的膝关节部位。

2.2.12 内蹠突出现期（图12） 自内蹠突出现起至跗部出现止。靠近第一趾的掌部内侧缘，内蹠突开始微微隆起。后肢五趾已全部分离。股部变得粗壮。背面观，弯曲的膝关节展露于尾的两侧，跗蹠部紧贴尾部两侧与尾平行。可见上唇的活动，口已向体前端移动。浅黄色呈虚线状的背侧褶开始出现。侧面观，眼已微微隆起。

2.2.13 跗蹠部伸长期（图13） 自跗部出现起至后肢趾出现弯曲止。后肢显著伸长，连接腓、蹠部的跗部尤其明显。趾间开始出现蹼膜。颞侧褶、背侧褶和侧线明显，颞侧褶在眼后与向前延伸的背侧褶相交会；背侧褶向尾部延伸至背侧中间部位；侧线则向后沿尾两侧中线延伸至尾末端。眼大而明亮，眼眶上缘皮肤进一步外突，口前移至鼻孔与吻端中间，眼球下缘内陷入眼眶中。淋巴心数目稳定，多为3对，少数2对，或右4、左3，或右3、左2。背面观，跗蹠部已向两侧叉开，与尾呈45°角；后肢五趾端由坚挺变得柔软。

2.2.14 趾端弯曲期（图14） 自趾端出现弯曲起至肛管消失止。后肢五趾趾端弯曲，趾尖与支撑物接触时，可起支撑作用。口已基本移至鼻孔之前，食量增加，排出粪便增多，鳃管处水流剧烈，代谢能力显著提高。个别个体体背部与腮管基部平齐处可见1对淋巴心。静止时背面观，可见跗蹠部叉开与尾呈90°角；受惊动后，股、胫、跗蹠能以“之”字形曲贴一起。

2.2.15 肛管消失期（图15） 自肛管消失起至前肢伸出止。肛管已萎缩消失，腹面观仅肛门处尚存残迹。角质齿开始脱落。大部分个体透过皮肤可看到前肢雏形，其肘部在皮肤内已支撑在出水孔或出肢孔的既定位置。背面观，该处皮肤略微隆起，右侧更加明显。静止时，背面可见跗蹠部叉开与尾呈约135°夹角。受惊动后，股、胫、跗足以“之”字形紧紧曲贴在一起。

2.2.16 前肢伸出期（尾退化前期）（图16） 自前肢伸出起至肩关节开始露出止。前肢（仅前臂）陆续伸出，多为右先左后，少数左先右后（前后间隔时间0~22 h不等），亦有两侧前肢同时伸出者。口部角质齿已全部脱落，但黑色腭鞘仍存在，蝌蚪型口器逐渐转变为蛙型口器。腹壁增厚，腹中线明显。腹肛沟愈合呈一窄线。蝌蚪躯体由椭圆形渐变为幼蛙形，尾的末端变成钝圆形并出现一深色小黑点，尾开始萎缩变短，尾鳍变窄。下唇中央部分乳突首先消失，嘴角随后消失。

2.2.17 肩关节露出期（尾退化中期）（图17） 自肩关节露出起至肩基部愈合止。前肢全部伸出体外，肩关节露出。出肢孔开始愈合。口器渐变成蛙型，口裂达到眼的前缘。鼻孔由背面转向前端。舌尖中部凹陷处开始分叉。鼓膜开始出现，眼球突出明显，眼眶下缘皮肤开始皱褶，向上延伸覆盖眼下缘。上颌腺明显，延伸至眼后缘与前肢基部中间。淋巴心向前集中，尾部中央血管仅及尾长的一半。尾的长度一般短于后肢，为原尾长1/2~1/3，尾末端发黑，尾鳍沿周缘进一步变窄，尾显得粗短。后肢跗蹠部首先出现横纹花斑。背侧褶清晰，侧线消失，背部拱起，头微微抬起，腿部肌肉渐发达，活动开始频繁。

2.2.18 肩基部愈合期（尾退化后期）（图18） 自蝌蚪肩部与周围皮肤愈合封闭起至蝌蚪变为幼蛙止。尾萎缩成黑色小突起状；淋巴心、血管随之消失。口裂进一步增大，达到眼的中央或2/3处；眼侧位；躯体近似蛙型。下颌与胸交界处出现凹陷，成为头、胸界限。头抬起；背部出现疣状突起，拱起明显；前肢可有力支撑躯干，尾与后肢负重。上颌腺粗，呈淡黄色，延伸至前肢基部与颞侧褶构成一长三角斑；鼓膜逐渐明显。

2.2.19 变态完成期（图19） 幼蛙形成。尾消失，口裂已达眼后，鼓膜明显可辨。后肢粗壮有力，活跃跳跃，开始有攀援能力。

2.3 唇齿式

昆嵛林蛙蝌蚪的唇齿式多为Ⅰ:1－1/Ⅲ，少数Ⅰ:1－1/Ⅱ:1－1（图20）。

2.4 温度对胚后发育的影响

23.7~26.0 ℃实验组的胚后发育时间较室温17.0~20.0 ℃对照组快10余天，但前者的幼蛙个体较后者小。

3 讨 论

昆嵛林蛙的胚后发育进程中的形态学变化与一般的无尾两栖类大致相似，可参照Wang et al（1984）、Zhao（1991）和Duellman & Trueb（1986）的分期标准进行划分，但具体的发育分期和时程具有特异性。在23.7~26.0 ℃条件下，昆嵛林蛙的胚后发育过程约需49 d左右，比花背蟾蜍（18 ℃）快22 d（Wang et al，1984），比中华大蟾蜍（20 ℃）和墨西哥蟾（25 ℃）分别慢11 d（Zhao，1991）和22 d（Duellman & Trueb，1986）。本实验显示，昆嵛林蛙蝌蚪在较低温度（17.0~20.0 ℃）时发育时间要长一些，看来增加温度可加快其发育进程，但不能加快生长速度。

昆嵛林蛙的淋巴心数目及左右前肢的出肢时间间隔和出肢顺序存在个体间差异。淋巴心多为左右各3个成对排列，少数为左右各2个，或右4、左3，或右3、左2。多数个体首先伸出右前肢，随后伸出左前肢，左、右前肢伸出的时间差为0~22 h；少数个体由左侧出水孔先伸出左前肢，或者左、右前肢几乎同时伸出。昆嵛林蛙皮肤颜色的变化始于膝关节肢芽期前后，皮肤逐渐由黑褐色变为土黄色，并略微透明。

昆嵛林蛙蝌蚪的唇齿式与中国林蛙（唇齿式为Ⅰ:3－3/Ⅲ:1－1或Ⅰ:2－2/Ⅲ:1－1）（Liu et al，1959）、日本林蛙(唇齿式为Ⅰ:3－3/Ⅱ:1－1或Ⅰ:2－2/Ⅱ:1－1）（Ye et al，1993；Tian & Jiang，1986）、昭觉林蛙（唇齿式为Ⅰ:2－2/Ⅲ:1－1）

(Tian & Jiang, 1986)以及桓仁林蛙(唇齿式为Ⅰ:3－3/Ⅲ:1－1或Ⅰ:2－2/Ⅲ:1－1)(Zhao, 1999)明显不同，而与黑龙江林蛙(唇齿式为Ⅰ:1－1/Ⅲ)(Zhao, 1999)相似。可能是各种林蛙适应不同栖息地环境所致。中国林蛙属于华北－东北型种类，其分布区西南可延伸至青藏高原的东北部(Huang, 1989)；黑龙江林蛙属古北型种类，主要分布在西伯利亚，沿东部延伸至我国东北(Yan, 1991)。另一方面，它们之间唇齿式差异的大小也可能是其亲缘关系远近的一种表征。上述几种蝌蚪唇齿式的差异为林蛙属的分类和昆嵛林蛙这一有效新种的确立提供了又一形态学依据。

参考文献：

Duellman WE, Trueb L. 1986. Biology of Amphibians [M]. 132－135.

Huang YZ. 1989. Investigation and fauna of Amphibia and Reptilia of Ninxia [J]. *Plateau Biological Collections*, **8**: 25－34. [黄永昭. 1989. 宁夏两栖爬行动物的调查及区系研究. 高原生物学集刊, **8**: 25－34.]

Liu CJ, Hu SQ, Ding HB. 1959. A Collection of Illustrative Plates of Chinese Animals (Amphibia) [M]. Beijing: Science Press. 21. [刘承钊, 胡淑琴, 丁汉波. 1959. 中国动物图谱（两栖动物）[M]. 北京：科学出版社. 21]

Lu YY, Li PP. 2002. A new wood-frog of the genus *Rana* in Mt. Kunyu, Shandong Province, China [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, **27** (1): 25. [陆宇燕, 李丕鹏. 2002. 山东昆嵛山蛙属林蛙群一新种（两栖纲：无尾目：蛙科）. 动物分类学报, **27** (1): 25.]

Lu YY, Zhang P. 2000. The diversity of amphibian in Kun Yu Mountain, Shandong Province [J]. *Sichuang Animals*, **19** (3): 180－181. [陆宇燕, 张 萍. 2000. 山东昆嵛山两栖动物的多样性. 四川动物, **19** (3): 180－181.]

Pollister AW. 1937. Tables for the normal development of *Rana sylvatica* [J]. *Anat. Rec.*, **68**: 489－496.

Shumway W. 1940. Stages in the normal development of *Rana pipiens*: Ⅰ. External form [J]. *Anat. Rec.*, **78**: 139－144.

Tian WS, Jiang YM. 1986. Identification Manual for Chinese Amphibians and Reptiles [M]. Beijing: Science Press. 1－66. [田婉淑, 蒋耀明. 1986. 中国两栖爬行动物鉴定手册. 北京：科学出版社. 1－66.]

Wang C, Jia XZ, Li Y, et al. 1984. Preliminary observations on postembryonic development of *Bufo gargarizans* Cantor [J]. *Acta Herpetologica Sinica*, **3** (2): 39－40. [王 昌, 贾杏珍, 李 琰, 等. 1984. 中华大蟾蜍的胚后发育的初步观察. 两栖爬行学报, **3** (2): 39－40.]

Yan GY. 1991. Vertebrates Fauna Xinjiang [M]. Urumqi: Xinjiang People's Press. [袁国映. 1991. 新疆脊椎动物简志. 乌鲁木齐：新疆人民出版社.]

Ye CY, Fei L, Hu SQ. 1993. Rare and Economic Amphibian of China [M]. Chengdu: Sichuan Sciences and Technology Press. 210. [叶昌媛, 费 梁, 胡淑琴. 1993. 中国珍稀及经济两栖动物. 成都：四川科学技术出版社. 210.]

Zhao ZF. 1991. Preliminary observations on embryonic development of *Bufo raddei* Strauch [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **26** (2): 11－16. [赵振芳. 1991. 花背蟾蜍胚后发育的初步观察. 动物学杂志, **26** (2): 11－16.]

Zhao ZJ. 1999. Fauna of Rare and Endangered Species of Vertebrates of Northeast China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 62－64. [赵正阶. 1999. 中国东北地区珍稀濒危动物志. 北京：中国林业出版社. 62－64.]

Zhou WH. 1999. Tadpoles of Taiwan [M]. Taiwan: Taiwan Museum of Nature. 29.